

STANISŁAW JEDYŃSKI**DARIUSZ ZALEWSKI**Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Analiza genetyczna cech wpływających na jakość plonu pszenicy ozimej

Genetic analysis of characters associated with grain quality in winter wheat

W pracy przedstawiono wyniki analizy genetycznej dla dwóch wskaźników jakości ziarna: liczby sedymentacji Zeleny'ego i liczby opadania Hagberga. Odziedziczalność liczby sedymentacji była dość wysoka w 1999 (57%) i wysoka w 2000 roku. (76%). Stwierdzono również istotną współzależność między wartościami liczby sedymentacji uzyskanymi w 1999 i 2000 roku ($r = 0,44$). Odziedziczalność liczby opadania była znacznie niższa (49% i 44%), a współczynnik korelacji między wartościami z dwóch lat wynosił zero. Analiza dialleliczna wykazała, że obydwie cechy były warunkowane częściowym dominowaniem w 1999 roku i pełnym dominowaniem w 2000 roku. Wysokie wartości liczby sedymentacji były związane z genami recesywnymi, natomiast wysoką ekspresję liczby opadania warunkowały geny dominujące.

Słowa kluczowe: analiza dialleliczna, jakość ziarna, liczba opadania Hagberga, odziedziczalność, pszenica ozima, test sedymentacji Zeleny'ego

Heritability and diallel analysis techniques were used to study the genetic basis of two grain quality parameters: Zeleny sedimentation value and Hagberg falling number. Heritability for sedimentation value was fairly high in 1999 ($h^2 = 57\%$) and high in 2000 ($h^2 = 76\%$). There was also significant correlation between sedimentation values obtained in 1999 and 2000 ($r = 0.44$). Heritability estimates for Hagberg falling number were lower ($h^2 = 49\%$ in 1999 and 44% in 2000) and there was no correlation between values from the two years. Diallel analysis revealed that both characters were determined by partial dominance in 1999 and full dominance in 2000. High values of sedimentation were associated with recessive genes, whereas high Hagberg falling number was governed by dominant genes.

Key words: diallel analysis, grain quality, Hagberg falling number, heritability, winter wheat, Zeleny sedimentation test

WSTĘP

Bezpośrednia ocena wartości wypiekowej mąki nie jest możliwa w początkowym okresie programu hodowlanego ze względu na dużą liczbę selekcionowanych roślin i ich niewielki plon ziarna. Stąd też zachodzi konieczność stosowania prostych wskaźników

jakości, które są szybkie w oznaczeniu, a zarazem wysoce skorelowane z cechami reologicznymi ciasta i objętością chleba.

Najczęściej stosowane parametry jakości ziarna pszenicy to zawartość białka ogólnego, liczba sedymentacji Zeleny'ego i poziom aktywności α -amylazy oznaczony według metody Hagberga i powszechnie nazywany liczbą opadania Hagberga. Liczba sedymentacji jest miernikiem zarówno ilości, jak i jakości białka i wykazuje znacznie wyższą niż zawartość białka korelację z objętością chleba. Stąd też ocenę zawartości białka ogólnego można pominąć w trakcie selekcji we wczesnych pokoleniach mieszańcowych (Zeleny i in., 1960). Zagadnieniu przydatności wskaźnika sedymentacji do oceny właściwości wypiekowych mąki pszenicy poświęcono wiele uwagi (Greenaway i in., 1966; Baker i Cambell, 1971; Boggini i Nilsson, 1976; Trethowan i in., 2001), mało jest natomiast prac dotyczących sposobów działania genów i odziedziczalności tej cechy. Przeprowadzono również wiele badań nad aktywnością α -amylazy i określono wpływ różnych czynników na porastanie ziarniaków pszenicy (Kettlewell i in., 1999; Lunn i in., 1999 a; 1999 b; Major i in., 1999; Naylor, 1999). Brak jest jednak wiarygodnych informacji o odziedziczalności liczby opadania Hagberga. Jedną z przyczyn może być utrudnienie spowodowane koniecznością przeprowadzenia analiz na ziarnie zebranym w fazie dojrzałości fizjologicznej, co w przypadku pokoleń segregujących jest bardzo uciążliwe i pracochłonne ze względu na duże różnice we wczesności poszczególnych roślin (Witkowska i Witkowski, 1992).

Celem pracy było poznanie odziedziczalności i sposobów działania genów określających liczbę sedymentacji Zeleny'ego i liczbę opadania Hagberga.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 28 mieszańców F_1 uzyskanych w krzyżowaniu diallelicznym 8 linii wyprowadzonych z następujących odmian: Alba, Aleta, Almari, Elena, Emika, Kamila, Kobra i Maltanka. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków w dwóch powtórzeniach w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do AR we Wrocławiu, w latach 1999–2000. Nasiona wysiano punktowo w rozstawie 20x10 cm. Ilość i jakość białek oznaczono mikrometodą Greenaway'a i in. (1966), która jest modyfikacją testu Zeleny'ego (1947). Aktywność α -amylazy oznaczono według metody Hagberga (1960) i Partena (1964). Powtarzalność średnich wartości linii i mieszańców w kolejnych latach dla obu cech określono za pomocą współczynnika korelacji prostej. Współczynnik odziedziczalności oszacowano na podstawie regresji potomstwa względem średniej rodziców, przyjmując w wąskim sensie $h^2 = b$. Analizę genetyczną wykonano według metody Haymana (1954) i Jinksa. (1954). Adekwatność modelu addytywno-dominującego testowano za pomocą współczynnika regresji W_r (kowariancji) względem V_r (wariancji).

WYNIKI I DYSKUSJA

Dla liczby sedymentacji oszacowano dość wysoką odziedziczalność, która w 1999 roku wynosiła 57%, a w 2000 roku — 76%. Świadczy to o przewadze addytywnych efektów genetycznych nad środowiskowymi warunkującymi tę cechę (tab. 1).

Tabela 1

Średnie wartości liczby sedymentacji i liczby opadania linii i mieszańców F₁ pszenicy ozimej oraz odziedziczalność

Mean sedimentation values and Hagberg falling number for parental lines and F₁ hybrids of winter wheat and heritability

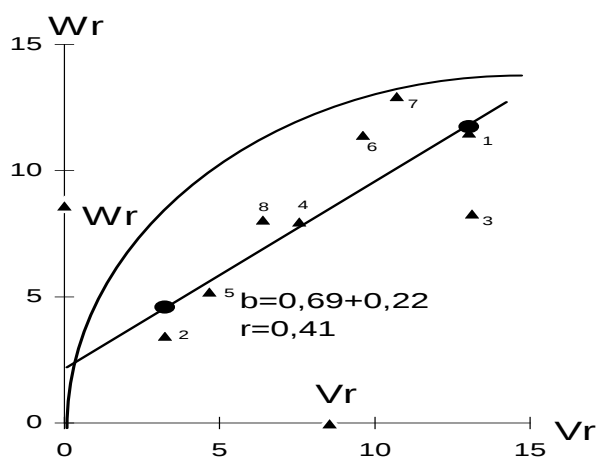
Linia, mieszaniec Line, hybrid	Liczba sedymentacji (cm ³) Sedimentation value		Liczba opadania (sec.) Hagberg falling number	
	1999	2000	1999	2000
Alba	22,0	29,3	331	126
Aleta	22,2	26,3	373	275
Almari	29,5	35,3	257	215
Elena	20,5	28,3	115	302
Emika	24,8	27,3	323	283
Kamila	22,0	26,0	329	266
Kobra	33,0	39,0	325	280
Maltanka	22,2	25,7	318	275
Alba × Aleta	22,8	21,7	320	204
Alba × Almari	32,0	29,0	245	201
Alba × Elena	23,0	25,3	132	244
Alba × Emika	26,7	21,7	285	235
Alba × Kamila	22,0	24,0	292	279
Alba × Kobra	26,0	24,7	283	282
Alba × Maltanka	21,3	20,7	352	198
Aleta × Almari	24,0	26,7	367	291
Aleta × Elena	24,7	18,3	325	267
Aleta × Emika	25,5	22,7	376	268
Aleta × Kamila	22,3	23,0	372	263
Aleta × Kobra	24,7	23,3	345	252
Aleta × Maltanka	20,0	20,3	331	269
Almari × Elena	29,2	24,7	198	220
Almari × Emika	31,2	25,3	328	196
Almari × Kamila	28,8	25,7	323	227
Almari × Kobra	33,5	28,0	329	263
Almari × Maltanka	23,3	23,0	352	296
Elena × Emika	27,8	21,0	264	216
Elena × Kamila	23,7	21,3	122	231
Elena × Kobra	25,5	20,7	140	316
Elena × Maltanka	23,7	21,0	145	248
Emika × Kamila	28,3	22,0	347	259
Emika × Kobra	28,7	25,3	240	291
Emika × Maltanka	25,2	23,0	343	280
Kamila × Kobra	28,5	24,0	347	283
Kamila × Maltanka	23,3	23,7	350	279
Kobra × Maltanka	28,3	27,0	338	281
Odziedziczalność w wąskim sensie Heritability in narrow sense	0,57	0,76	0,49	0,44
Współczynnik korelacji Correlation	0,44*		0,00	

Wartość istotna przy $p = 0,05$

Significant at $p = 0.05$

Na znaczną stabilność tej cechy w latach wskazuje współczynnik korelacji między wartościami z obydwu lat badań ($r = 0,44$). Wysokie wartości wskaźnika odziedziczalności liczby sedymtacji stwierdzili również inni badacze (Sosulski i Kaul, 1966; Boyadijeva, 1973; Borghi i in., 1975). Maławko-Murawska i wsp. (1989) uzyskali dla 30 mieszańców diallelicznych szeroki zakres wartości współczynnika odziedziczalności (0–83%) w zależności od zróżnicowania genetycznego form rodzicielskich danej kombinacji mieszańcowej.

Regresję W_r względem V_r dla liczby sedymtacji przedstawiono na rysunku 1 i 2.

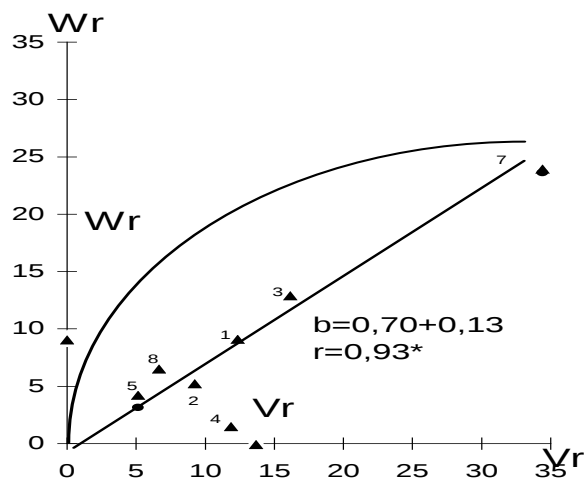


Dotyczy rysunków 1–4; Concerns figures 1–4

Rys. 1. Regresja W_r względem V_r dla liczby sedymtacji — 1999 rok. Linie: 1. Alba, 2. Aleta, 3.

Almari, 4. Elena, 5. Emika, 6. Kamila, 7. Kobra, 8. Maltanka

Fig. 1. The W_r/V_r graph for sedimentation value — 1999. Lines: 1. Alba, 2. Aleta, 3. Almari, 4. Elena, 5. Emika, 6. Kamila, 7. Kobra, 8. Maltanka



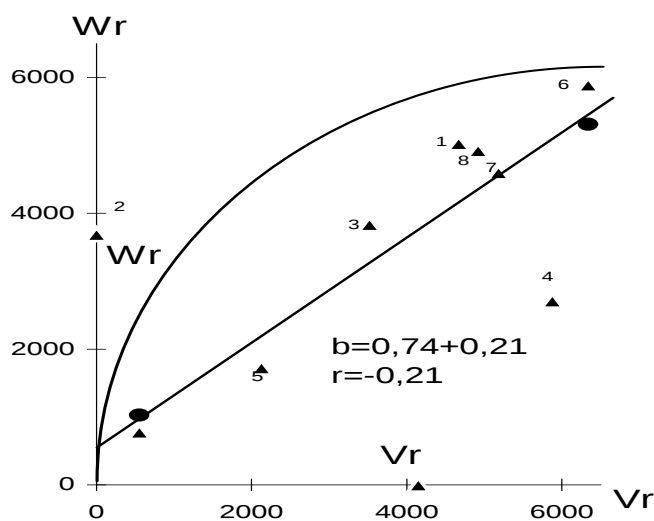
Rys. 2. Regresja W_r względem V_r dla liczby sedymtacji — 2000 rok

Fig. 2. The W_r/V_r graph for sedimentation value — 2001

Położenie prostych regresji wskazuje, że w 1999 roku cecha ta była uwarunkowana częściowym dominowaniem, a w roku 2000 wystąpiło pełne dominowanie. W obydwu latach badań linie Aleta, Elena, Emika i Maltanka zawierały geny dominujące natomiast Almari i Kobra miały geny recesywne. Kamila, która w 1999 roku miała przewagę genów recesywnych została wyeliminowana z analizy w 2000 w celu uzyskania adekwatności modelu addytywno-dominującego. Wysokie wartości liczby sedymentacji były związane z genami recesywnymi, ale tylko w 2000 roku zależność ta była wysoce istotna ($r = 0,93$). Podobne wyniki uzyskali Malawko-Murawska i wsp. (1989) oraz Lonc i Zalewski (1996). Natomiast badania Hsu i Sosulskiego (1969) wskazywały na związek genów recesywnych z niskimi wartościami tej cechy.

Odziedziczalność liczby opadania Hagberga wynosiła 49% w 1999 roku i 44% w 2000 roku, ale brak było jakiegokolwiek zależności między wartościami z dwóch lat ($r = 0$), co świadczy o tym, że aktywność α -amylazy jest w silnym stopniu warunkowana przebiegiem pogody w czasie dojrzewania ziarniaków.

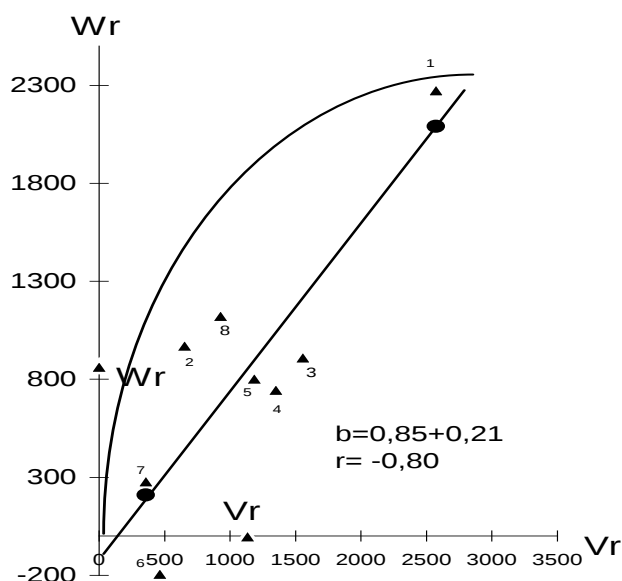
Graficzna analiza dialleliczna wykazała, że liczba opadania była determinowana częściowym dominowaniem w 1999 i pełnym dominowaniem w 2000 roku (rys. 3, 4).



Rys. 3. Regresja W_r względem V_r dla liczby opadania — 1999 rok
Fig. 3. The W_r/V_r graph for falling number — 1999

Porównanie rozmieszczenia punktów reprezentujących poszczególne linie na rysunku 3 i 4 wskazuje na małą stabilność efektów genetycznych większości badanych linii i tak na przykład Kamila i Kobra w 1999 roku miały przewagę genów recesywnych, a w 2000 znalazły się w grupie linii zawierających więcej genów dominujących. Jedynie linie Almari i Elena w obydwu latach miały w przybliżeniu równą liczbę genów recesywnych i dominujących. Wysoką ekspresję liczby opadania warunkowały geny dominujące, ale zależność ta była istotna tylko w 2000 roku ($r = -0,80$). Częściowe dominowanie

w dziedziczeniu liczby opadania Hagberga wykazali w swoich badaniach Lonc i Zalewski (1996).



Rys. 4. Regresja W_r względem V_r dla liczby opadania — 2000 rok
Fig. 4. The W_r/V_r graph for Hagberg falling number — 2000

WNIOSKI

1. Stosowanie liczby sedymentacji Zeleny'ego jako wskaźnika jakości ziarna pszenicy we wczesnych pokoleniach mieszańcowych jest uzasadnione ze względu na wysoką odziedziczalność i stabilność tej cechy w latach.
2. Selekcja na niską aktywność α -amylazy na podstawie liczby Hagberga może być mało skuteczna w związku ze stosunkowo niską odziedziczalnością i małą stabilnością efektów genetycznych warunkujących tę cechę.

LITERATURA

- Baker R. J., Cambell A. B. 1971. Evaluation of screening tests for quality of bread wheat. *Can. J. Plant Sci.* 51: 449 — 455.
- Boggini G., Nilsson G., 1976. Correlation between prediction tests and baking quality in winter wheat. *Cereal Res. Commun.* 4: 3 — 16.
- Borghi B., Boggini G. Corino L. 1975. Breeding for quality in common wheat, In: Early selection in F_2 and F_3 generations. *Cereal Res. Commun.* 3: 205 — 214.
- Boyadjieva D. 1973. Inheriting sedimentation value in backcross hybrids belonging to *Triticum aestivum* L. *Cereal Res. Commun.* 2: 11 — 20.
- Greenaway W. T., Hurst N. S., Neustadt M. H., Zeleny L. 1966. Micro sedimentation test for wheat. *Cereal Sci. Today* 11: 197 — 199.
- Hagberg S., 1960. A rapid method for determining alpha-amylase activity. *Cereal Chem.* 37: 218 — 222.

- Hayman B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39: 789 — 809.
- Hsu C. S., Sosulski F. W. 1969. Inheritance of protein content and sedimentation value in diallel crosses of spring wheat (*Triticum aestivum*). *Can. J. Genet. Cytol.* 11: 967 — 976.
- Jinks J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics* 39: 767 — 788.
- Kettlewell P. S., Lunn G. D., Major B. J., Scott R. K., Froment M. A., Naylor R. E. L. 1999. Development of a scheme for pre-harvest prediction of Hagberg falling number in wheat. Eighth International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 1: 9 — 14.
- Lonc W., Zalewski D. 1996. Analiza dialleliczna cech ilościowych mieszańców F₂ pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 200: 267 — 275.
- Lunn G., D., Kettlewell P. S., Major B. J., Scott R. K. 1999 a. The contribution of pericarp activity and pre-maturity sprouting to alpha-amylase activity in wheat grain. Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 1: 278 — 289.
- Lunn G. D., Scott R. K., Kettlewell P. S., Major B. J. 1999 b. Evaluation of the Belderok temperature-dormancy relationship in the UK, Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 2: 190 — 198.
- Major B. J., Kettlewell P. S., Lunn G., D., Scott R. K. 1999. Controlled-environment cabinet studies investigating the effect of transient temperature changes on pre-maturity alpha-amylase activity in winter wheat. Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 2: 209 — 218.
- Malawko-Murawska Z., Jedyński S., Kadłubiec W., Lonc W. 1989. Ocena wartości technologicznej ziarna mieszańców pszenicy ozimej na podstawie białka ogólnego, liczby sedymentacji i teoretycznej objętości chleba. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 382: 161 — 174.
- Naylor R. E. L. 1999. Grain size, germination and α -amylase activity in wheat. Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1998, 2: 199 — 208.
- Perten H. 1964. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. *Cereal Chem.* 41: 127 — 140.
- Sosulski F. W., Kaul A. K. 1966. A note on the inheritance of sedimentation value in two wheat crosses. *Cereal Chem.* 43: 623 — 625.
- Trethowan R. M., Pena R. J., Van Ginkel M. 2001. The effect of indirect tests for grain quality on the grain yield and industrial quality of bread wheat. *Plant Breeding* 120: 509 — 512.
- Witkowska K., Witkowski E. 1992. Zależność porostania pszenicy ozimej od terminu pobierania prób. *Biul. IHAR* 184: 25 — 29.
- Zeleny L. 1947. A simple sedimentation test for estimating the bread baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chem.* 24: 465 — 475.
- Zeleny L., Greenaway W. T., Gurney G. M., Fifield C. C., Lebsock K. 1960. Sedimentation value as an index of dough-mixing characteristics in early-generation wheat selections. *Cereal Chem.* 37: 673 — 678.